

**HIGH STRENGTH BOLT EXCELLENT IN DELAYED FRACTURE RESISTANCE**

**Publication number:** JP2000337332

**Publication date:** 2000-12-05

**Inventor:** NAMIMURA YUICHI; IBARAKI NOBUHIKO; MAKII KOICHI; KAGUCHI HIROSHI

**Applicant:** KOBE STEEL LTD; HONDA MOTOR CO LTD; SAGA TEKKOHSO CO LTD

**Classification:**

**- international:** *F16B35/00; B21J5/00; B21K1/46; C22C38/00; C22C38/54; F16B35/00; B21J5/00; B21K1/00; C22C38/00; C22C38/54; (IPC1-7): F16B35/00; B21J5/00; B21K1/46; C22C38/00; C22C38/54*

**- european:**

**Application number:** JP20000107023 20000101

**Priority number(s):** JP20000107023 20000101

**Report a data error here**

**Abstract of JP2000337332**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a high strength bolt excellent in delayed fracture resistance which has a tensile strength of over 1200 N/mm<sup>2</sup>. **SOLUTION:** This bolt which is composed of a steel including C: 0.5-1.0% restrains the structure generation of one kind or more than one kind of pro-eutectoid ferrite, pro-eutectoid cementite, bentonite and martensite to make the area of pearlite structure to be 80% or above. Then, the high strength wire material which is made to have a tensile strength of over 1200 N/mm<sup>2</sup> and excellent delayed fracture resistance by strong extension work is used. The material is cut to a fixed length and both end parts are threaded by thread rolling or cutting. Otherwise, a bolt head is formed on one end part by warm forging, and the other end is threaded by thread rolling or cutting before or after the warm forging.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

種々の要因が破壊にからみあつていられるとされており、  
一因に上記原因を特定することは困難である。上記の様な  
な遅れ破壊性を左右する制約因子としては、焼戻し温  
度、組織、材料質、結晶粒度、各種合金元素等の関与  
が一応認められているもの、遅れ破壊を防止する為の  
有効な手段が確立されている訳ではなく、試行錯誤的に  
種々の方法が提案されているに過ぎないのが実状であ  
る。

【0004】遅れ破壊性を改善する為、例えば特開  
昭60-114551号、特開平2-267243号お  
よび特開平3-243745号等の技術が提案されてい  
る。これらの技術は、各種の主要な合金元素を調整す  
ることによって、引張強さが1400MPa以上でも耐遅  
れ破壊性が優れた高強度ボルト用鋼の開発を目指してな  
されたものである。しかしながらこれらの技術によっ  
て、遅れ破壊発生の危険が完全に解消されたとする言  
はなく、それらの適用範囲はごく限られた範囲に止ま  
っている。

【0005】  
【発明が解決しようとする課題】本発明はこの様な事情  
に著目してなされたものであって、その目的は、引張強  
度が1200N/mm<sup>2</sup>以上でありながら耐遅れ破壊性  
に優れた高強度ボルトを提供することにある。

【0006】  
【課題を解決するための手段】上記目的を達成し得た高  
強度ボルトとは、C：0.5～1.0%を含む鋼からな  
り、初析フェライト、初析セメンタイト、ベイナイトお  
よびマルテンサイトの1種または2種以上の組織の生成  
を抑制してパーライト組織の面積率を80%以上とした  
ものであり、且つ強伸線加工によって1200N/mm<sup>2</sup>  
以上の強度と優れた耐遅れ破壊性を有する鋼にした高  
強度鋼材を使用し、これを所定の長さで切断した後、両  
端部をねじ転造または切削によりねじ加工したものであ  
る点に要旨を有するものである。

【0007】本発明の上記目的は、C：0.5～1.0  
%を含む鋼からなり、初析フェライト、初析セメンタイ  
ト、ベイナイトおよびマルテンサイトの1種または2種  
以上の組織の生成を抑制してパーライト組織の面積率を  
80%以上としたものであり、且つ強伸線加工によって  
1200N/mm<sup>2</sup>以上の強度と優れた耐遅れ破壊性を  
有する鋼にした高強度鋼材を使用し、これを所定の長さ  
で切断後、両端部をねじ転造または切削によりねじ加工  
したものであり、且つ強伸線加工によって1200N/mm<sup>2</sup>  
以上の強度と優れた耐遅れ破壊性を有する鋼にした高  
強度鋼材を使用し、これを所定の長さで切断した後、両  
端部をねじ転造または切削によりねじ加工したものであ  
る点に要旨を有するものである。

【0008】また本発明の高強度ボルトは、必要に応じ  
てSi：2.0%以下（0%を含む）、Cr：0.5%以下  
（0%を含む）よりなる群から選ばれる1種または  
2種以上を含む高強度鋼材を使用することもある。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 C：0.5～1.0%（質量%）の意味、  
以下同じ）を含む鋼からなり、初析フェライト、初析セ  
メンタイト、ベイナイトおよびマルテンサイトの1種ま  
たは2種以上の組織の生成を抑制してパーライト組織の  
面積率を80%以上としたものであり、且つ強伸線加工  
によって1200N/mm<sup>2</sup>以上の強度と優れた耐遅れ  
破壊性を有する鋼にした高強度鋼材を使用し、これを所  
定の長さで切断した後、両端部をねじ転造または切削に  
よりねじ加工したものであることを特徴とする耐遅れ破  
壊性に優れた高強度ボルト。

【請求項2】 Si：2.0%以下（0%を含む）  
および、Cr：0.5%以下（0%を含む）およびC  
：0.5%以下（0%を含む）よりなる群から選  
ばれた1種または2種以上を含む高強度鋼材を使用  
したものである請求項1に記載の高強度ボルト。

【請求項3】 C：0.5～1.0%を含む鋼からな  
り、初析フェライト、初析セメンタイト、ベイナイトお  
よびマルテンサイトの1種または2種以上の組織の生成  
を抑制してパーライト組織の面積率を80%以上とした  
ものであり、且つ強伸線加工によって1200N/mm<sup>2</sup>  
以上の強度と優れた耐遅れ破壊性を有する鋼にした高  
強度鋼材を使用し、これを所定の長さで切断後、両端部  
をねじ転造または切削によりねじ加工したものであ  
る点に要旨を有するものである。

【請求項4】 Si：2.0%以下（0%を含む）  
および、Cr：0.5%以下（0%を含む）およびC  
：0.5%以下（0%を含む）よりなる群から選  
ばれた1種または2種以上を含む高強度鋼材を使用  
したものである請求項3に記載の高強度ボルト。

【発明の詳細な説明】  
【0001】  
【発明の属する技術分野】本発明は、自動車用や各種産  
業機械用として使用される高強度ボルトに関するもので  
あり、特に強度（引張強度）が1200N/mm<sup>2</sup>以上  
でありながら耐遅れ破壊性に優れた高強度ボルトに関す  
るものである。

【0002】  
【従来の技術】一般の高強度ボルト用鋼としては、中炭  
素合金鋼（SCM435、SCM440、SCr440  
等）が使用されており、焼入れ・焼戻しによって必要  
強度を確保している。しかしながら、自動車用  
や各種産業機械用として使用される一般の高強度ボルト  
では、引張強度が約1200N/mm<sup>2</sup>を超える鋼材に  
なると、遅れ破壊が発生する危険があり、使用上の制約  
がある。

【0003】遅れ破壊は、非腐食性環境下で起こるものと  
腐食性環境下で起こるものがあるが、その発生原因は

(11)特許出願公開番号

特開2000-337332  
(P2000-337332A)

(43)公開日 平成12年12月5日(2000.12.5)

(12)公開特許公報(A)

特開2000-337332  
(P2000-337332A)

(43)公開日 平成12年12月5日(2000.12.5)

(19)日本国特許庁(JP)

特開2000-337332  
(P2000-337332A)

(43)公開日 平成12年12月5日(2000.12.5)

(5)Inventor	識別記号	F I	〒コード(参考)
F 16 B 35/00		F 16 B 35/00	J
B 21 J 5/00		B 21 J 5/00	A
B 21 K 1/46		B 21 K 1/46	Z
C 22 C 38/00	3 0 1	C 22 C 38/00	3 0 1 Z
38/54		38/54	
審査請求 未請求 請求項の数 4 OL (全 9 頁)			
(21)出願番号	特開2000-107023(P2000-107023)	(71)出願人	000001199
(62)分割の表示	特開平10-121540の分割	株式会社神戸製鋼所	
(22)出願日	平成10年4月30日(1998.4.30)	兵庫県神戸市中央区藍坂町1丁目3番18号	
		(71)出願人	000005328
		本田技研工業株式会社	
		東京都港区南青山二丁目1番1号	
		(71)出願人	392027254
		株式会社佐賀鐵工所	
		佐賀県佐賀市神領一丁目5番30号	
		(74)代理人	100067828
		弁護士 小谷 悦司 (外1名)	
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 耐遅れ破壊性に優れた高強度ボルト

(57)【要約】

【課題】 引張強度が1200N/mm<sup>2</sup>以上でありなが  
ら耐遅れ破壊性に優れた高強度ボルトを提供する。  
【解決手段】 C：0.5～1.0%を含む鋼からな  
り、初析フェライト、初析セメンタイト、ベイナイトお  
よびマルテンサイトの1種または2種以上の組織生成を  
抑制してパーライト組織の面積率を80%以上としたも  
のであり、且つ強伸線加工によって1200N/mm<sup>2</sup>  
以上の強度と優れた耐遅れ破壊性を有する鋼にした高強  
度鋼材を使用し、これを所定の長さで切断した後、  
(1) 両端部をねじ転造または切削によりねじ加工した  
ものであるか、或は(2) 両端部をねじ転造または切削  
によりねじ加工したものである。

120

【0009】  
【発明の要旨】本発明者らは、従来のポルト用高強度鋼材の耐選り破壊性が劣る原因について様々な角度から検討した。その結果、従来の改善方法では、組織を強化しマルテンサイトとして、堆積順性域の回避、粒界領域析出元素の低減、結晶粒微細化を図ることによって耐選り破壊性を補ってきたが、こうした手段では高強度ポルト用鋼の耐選り破壊性を向上させるのには限界があることが判明した。

【0010】そこで本発明者らは、耐遅れ破壊性を更に向上させるために鋭研究を重ねた結果、粗粒をある割合をもったパーライト主体の粗粒とし、強伸後加工により、 $1200\text{N/mm}^2$ 以上の強度とした高強度鋼材を、原料として使用してポルトに加工すれば、優れた耐遅れ破壊性を発揮する高強度ポルトが得られることを見出し、本発明を完成した。

【0011】本発明の素材として用いる高強度線材は、上述の如く初切フェライト、初切セメンタイト、ペナイトおよびマルテンササイトの1種または2種以上の組織の生成を抑制してパーライト組織の面積率を80%以上とする必要がある。上記組織のうち、初切フェライトと初切セメンタイトが多く生成すると、伸縮性に優れ、引起こして伸縮ができなくなり、強伸縮加工によって1200N/mm<sup>2</sup>以上の強度を得ることができなくなる。

また初所セメントとマルテンサイトは、伸線時に断線を引き起こすので少なくする必要がある。更に、ペイナイトはパーライトに比べて加工硬化量が少なくなるので、強伸線加工による強度上昇が望めないののでできるだけ少なくする必要がある。

【0012】一方、残部のパーライト組織は、セメントナイトとフェライトの界面で水素をトラップし、結果に集積する水素を低減させる効果があり、できるだけ多く含む必要である。こうしたことから、初析フェライト、初析セメントナイト、ペイナイトおよびマルテンサイトのうち、種または2種以上の組織生成をできるだけ抑制して（即ち、20%未満にして）、パーライト組織の面積率を80%以上とすることを要がある。即ち、初析フェライト、初析セメントナイト、ペイナイトおよびマルテンサイト等の組織の少なくとも1種をできるだけ少なくして、その合計の面積率が20%未満となる線にしてパーライト組織の面積率を80%以上にした高強度線材を使用することにより、本発明の目的が達成されるのである。尚、材料のパーライト組織の面積率は、好ましくは90%以上とするのが良く、より好ましくは100%パーライト組織とするのが良い。

【0013】本発明で素材として用いる線材においては、圧延のままおよび鍛造ままでは必要な寸法強度が得られず、また $1200\text{ N/mm}^2$ 以上の強度を得ることが困難になる。そのため、強化加工が必要となる。また強化

1000

10

尚C<sub>0</sub>含有量の好ましい範囲は0.05~0.3%であり、更に好ましくはその下限を0.1%、その上限を0.2%とするのが良い。

【0020】Mn:0.2~1.0%  
Mnは脱酸剤としての効果と、鋼織の侵入性を向上させて鋼織の組織の均一性を高める効果を發揮する。これらの効果を發揮させるには、0.2%以上含有させる必要がある。しかしながらMn含有量が過剰になると、Mnの腐蝕部にマルテンサイトやベイナイトなどの過冷却組織が生成して伸縮加工性を劣化させるので、1.0%を上限とする。尚Mn含有量の好ましい下限は0.40%であり、より好ましい上限は0.45%とするのが良い。また、Mn含有量の好ましい上限は0.70%であり、より好ましくは0.55%以上とするのが良い。

【0021】Cu:0.5%以下(0%を含まない)。Cuは析出硬化作用によって鋼線の高強度化に寄する元素である。しかしながら過剰に添加すると、粒界脆化を起こして耐遅れ破壊性を劣化させる原因となるので、0.5%を上限とする。尚Cu含有量の好ましい下限は0.05%であり、より好ましくは0.1%とするのが良い。またCu含有量の好ましくは0.3%であり、より好ましくは0.2%とするのが良い。

【0022】Ni:1.0%以下(0%を含まない)  
Niは鋼線の強度上昇にはあまり寄与しないが、伸長材の  
の韌性を高める効果をも有する。しかしながら、Ni含有  
量が過剰になると、変態処理温度が長くなり過ぎ、設  
備の大形化、生産性の劣化を来すため、1.0%を上限  
とする。尚Ni含有量の好ましい下限は0.05%であ  
り、より好ましくは0.1%とするのが良い。またNi  
含有量の好ましい上限は0.5%であり、より好ましく  
は0.3%とするのが良い。

【0023】Mo, Ti, Nb, VおよびWよりなり、 $\text{Fe}$ から選ばれる1種以上：合計で0.01~0.5%これらの元素は、微細な炭素化合物を形成して耐腐蝕性物質の向上に寄与する。またこれらの炭化物および窒化物は、結晶粒の微細化にも有効である。こうした効果を実現させる為には合計で0.01%以上含有させる必要があるが、過剰に含有させると耐腐蝕性および加工性が阻害するので、合計で0.5%以下にする必要がある。尚これらの元素含有量の好ましい下限は合計で0.02%であり、より好ましくは0.03%とするのが好ましい。また好ましい上限は合計で0.3%であり、より好ましくは0.1%とするのが好ましい。

【0024】Al:0.01~0.05%  
Alは鋼中のNを捕捉してAINを形成し、結晶粒を微細化することによって耐腐蝕性の向上に寄与する。その為には、0.01%以上含有させる必要があるが、0.05%を超えることと窒化物系介在物や酸化物系介在物の生成、伸縮性が低下するので、0.2%以下とする必要がある。尚Al含有量の好ましい下限は0.02%以上とする。

(4) 特開2000-337333

6

5%であり、好ましくは0.035%である。  
[0025] B: 0.005~0.003%  
Bは鋼の焼入れ性向上の為に添加されるが、その効果を免損するためには、0.005%以上含有させる必要がある。しかしながら、0.003%を超えて過剰に含有すると却って靱性を阻害する。尚B含有量の好ましい下限は0.0010%であり、好ましい上限は0.0025%である。  
[0026] N: 0.015%以下(0%を含まない)  
NはAlNやTiN等の窒化物を形成することによって、結晶粒の微細化ひいては耐遅延破壊性の向上に好影響を与えて、しかしながら、過剰に含有すると窒化物の増加を通じて伸縮性に悪影響を及ぼすだけでなく、固溶強化が伸縮中の時刻を促進することがあるが、0.015%以下にする必要がある。尚N含有量の好ましい上限は0.007%であり、より好ましくは0.005%以下にするのが良い。  
[0027] 本発明の高強度ポルトにおいては、上記成分分の他(残部)は基本的に鉄からなるものであるが、これら以外にも微量成分を含み得るもので、こうした成分を含むものも本発明の技術的範囲に含まれるものである。またその特性を更に良好にするという観点からして、P、SおよびOについては、下記の様に抑制することとす。更に、本発明の高強度ポルトには、不適適的な不純物が含まれることになるが、それらは本発明の発明の範囲に限定されず、好ましくは0.005%以下にするのが良い。  
[0028] P: 0.03%以下(0%を含む)  
Pは粒界偏析を起こして、耐遅延破壊性を劣化させる原因となる。そこでP含有量を0.03%以下とすることにより、耐遅延破壊性の向上が図れる。尚P含有量は、0.015%以下に低減するのが好ましく、より好ましくは0.005%以下にするのが良い。  
[0029] S: 0.03%以下(0%を含む)  
Sは鋼中でMnSを形成し、応力が集中したときにき裂の発生に原因となる。従って、耐遅延破壊性の向上のために必要となる。従って、耐遅延破壊性の向上が図れる。尚S含有量は、0.03%以下に低減するのが好ましく、より好ましくは0.005%以下にするのが良い。  
[0030] O: 0.005%以下(0%を含む)  
Oは常温で鋼中にほとんど固溶せず、硬質の酸化物系系を形成し、伸縮時にカッピ一断線を引き起こす原因となる。従って、O含有量は極力少なくすべきであり、少なくとも0.005%以下に抑える必要がある。尚O含有量は、0.003%以下に低減することが好ましく、より好ましくは0.002%以下に低減するのが良い。  
[0031] 本発明で原料として用いる高強度線材は、様々な方法によってその組織を調整することができるが、その代表的な方法について説明する。その方法の

10

20

30

40

50

試料	化学成分(質量%)										その他
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O			
B	0.50	0.05	0.50	0.007	0.003	0.028	0.005	0.0008			
C	0.55	0.01	0.49	0.008	0.003	0.032	0.004	0.0008			
D	0.96	0.60	0.48	0.008	0.003	0.031	0.004	0.0007			
E	1.30	0.90	0.53	0.005	0.003	0.031	0.005	0.0007			
F	0.85	1.38	0.52	0.007	0.003	0.029	0.005	0.0007			
G	0.90	2.23	0.50	0.008	0.003	0.033	0.005	0.0005			
H	0.88	0.83	0.10	0.005	0.003	0.031	0.006	0.0025			
I	0.87	0.85	1.22	0.008	0.002	0.030	0.008	0.0005			Cd32
J	0.95	0.51	0.49	0.007	0.003	0.031	0.005	0.0008			
K	0.95	0.80	0.75	0.005	0.003	0.030	0.009	0.0007			Cd0.49
L	0.34	0.19	0.70	0.016	0.009	0.033	0.003	0.0009			Cd3.95, Mn0.18

【0043】得られた各種線材を用い、図1に示すM8 \* 組織の面積率を求めた。尚、パーライト組織と区別がつきにくい、ベイナイト組織や初析フェライト組織については、図2 (図面代用顕微鏡写真) に示す様な組織をベイナイト組織とし、図3 (図面代用顕微鏡写真) に示す様な組織を初析フェライト組織と判断した。これらの組織の傾向として、初析フェライトと初析セメンタイトは、旧オーステナイト結晶粒界に沿って針状に折出し、マルテンサイトは塊状に折出していた。

【0045】各線材の組織を平均冷却速度と共に下記表2に、遅れ破断試験結果を併載条件および機械的特性と共に下記表3に示す。尚、平均冷却速度の適正な範囲【前記(1)式を満足する範囲】は、線径が1.4mmのときに4.12 $\leq$ V $\leq$ 7.16 (°C/秒)、線径が1.1mmのときに5.78 $\leq$ V $\leq$ 10.03 (°C/秒)、線径が8mmのときに9.03 $\leq$ V $\leq$ 15.67 (°C/秒)である。

【表1】

試験 No.	試験鋼	初析フェライト 面積率(%)		ベイナイト 面積率(%)		パーライト 面積率(%)		平均冷却速度 度(°C/秒)		備考
		28	0	0	14	0	72	4.2	比較例	
1	C	28	0	0	14	0	72	12.4	比較例	
2	C	0	0	0	0	0	83	6.1	実施例	
3	B	17	0	0	0	0	90	6.2	実施例	
4	C	10	0	0	0	0	92	8.8	実施例	
5	C	6	0	0	0	0	98	12.5	実施例	
6	C	4	0	0	0	0	91	8.5	実施例	
7	D	2	7	0	0	0	66	8.6	比較例	
8	E	0	35	0	0	0	94	8.5	実施例	
9	F	6	0	0	0	0	91	8.5	参考例	
10	G	4	5	0	0	0	90	8.5	参考例	
11	H	10	0	0	0	0	64	8.6	比較例	
12	I	0	2	11	25	64	98	8.6	実施例	
13	J	0	5	0	0	0	95	8.5	実施例	
14	K	0	0	0	0	0	95	8.5	比較例	
15	L	800°C×30分→0.400°C×90分→WC(100%延長7分5秒)								

【表2】

【表3】

【0047】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

【0042】

【表1】

【表2】

【表3】

試験 No.	圧縮力 (N)	圧縮速度 (N/mm <sup>2</sup> )	保冷開始温度 (℃)	保冷時間 (秒)	保冷開始温度 (℃)	備考
20	935	30	570	250	520	実施例
21	930	25	680	250	480	実施例
22	930	30	575	800	495	実施例
23	760	20	570	250	520	比較例
24	935	3	570	250	520	比較例
25	935	15	800	250	750	比較例
26	930	35	505	250	455	比較例
27	930	20	570	250	270	比較例
28	930	20	570	150	540	比較例

\*的特性と共に下記表8に示す。

【0055】

【0054】得られた各種織材を用い、前記図1に示したM8×P1.25のスタッドボルトを製作し、遅れ破

壊試験を実施例1と同様に行なった。各織材の組織を下記表7に、遅れ破壊試験結果を伸縮条件および機械\*

試験 No.	初期強度 (N/mm <sup>2</sup> )	最終強度 (N/mm <sup>2</sup> )	伸縮率 (%)	破断位置 (mm)	破断位置 (mm)	破断位置 (mm)	備考
20	5	0	0	0	0	0	実施例
21	8	0	0	0	0	0	実施例
22	4	0	0	0	0	0	実施例
23	39	0	0	0	0	0	比較例
24	43	0	0	0	0	0	比較例
25	26	0	0	0	0	0	比較例
26	0	0	29	6	65	65	比較例
27	0	0	24	20	56	56	比較例
28	0	0	10	35	55	55	比較例

【0056】

【表8】

試験 No.	初期強度 (N/mm <sup>2</sup> )	最終強度 (N/mm <sup>2</sup> )	伸縮率 (%)	破断位置 (mm)	破断位置 (mm)	破断位置 (mm)	備考
20	11.0	1283	7.06	1652	59	59	比較例
21	11.0	1287	7.06	1656	59	59	比較例
22	11.0	1269	7.06	1639	59	59	比較例
23	11.0	1170	7.06	1640	59	59	比較例
24	11.0	1096	7.06	1466	59	59	比較例
25	11.0	1226	7.06	断線で伸縮できず	断線	断線	比較例
26	11.0	1321	7.06	断線で伸縮できず	断線	断線	比較例
27	11.0	1349	7.06	断線で伸縮できず	断線	断線	比較例
28	11.0	1397	7.06	断線で伸縮できず	断線	断線	比較例

【0057】これらの結果から明らかな様に、本発明で規定する要件を満たすボルトは、引張り強度が1200N/mm<sup>2</sup>以上であつても、優れた耐遅れ破壊性を有していることがわかる。

【0058】

【発明の効果】本発明は以上の様に構成されており、引張り強度が1200N/mm<sup>2</sup>以上でありながら耐遅れ破壊性に優れた高強度ボルトが実現できた。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1において遅れ破壊試験に供したボルトの形状を示す概略説明図である。

【図2】ベイトナイト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図3】初析フェライト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図4】初析フェライト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図5】初析フェライト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図6】初析フェライト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図7】初析フェライト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図8】初析フェライト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図9】初析フェライト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図10】初析フェライト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図11】初析フェライト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図12】初析フェライト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図13】初析フェライト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図14】初析フェライト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図15】初析フェライト組織を示す図面代用顕微鏡写真である。

試験 No.	初期強度 (N/mm <sup>2</sup> )	最終強度 (N/mm <sup>2</sup> )	伸縮率 (%)	破断位置 (mm)	破断位置 (mm)	破断位置 (mm)	備考
1	11.0	982	7.06	1352	59	59	比較例
2	11.0	1210	7.06	1560	59	59	比較例
3	14.0	821	7.06	1224	75	75	実施例
4	14.0	1128	7.06	1688	75	75	実施例
5	11.0	1177	7.06	1546	59	59	比較例
6	8.0	1216	7.06	1320	22	22	実施例
7	11.0	1257	7.06	1653	59	59	比較例
8	11.0	1214	7.06	断線で伸縮できず	断線	断線	比較例
9	11.0	1299	7.06	1669	59	59	実施例
10	11.0	1562	7.06	断線で伸縮できず	断線	断線	比較例
11	11.0	1097	7.06	断線で伸縮できず	断線	断線	比較例
12	11.0	1365	7.06	断線で伸縮できず	断線	断線	比較例
13	11.0	1196	7.06	1610	59	59	比較例
14	11.0	1331	7.06	1744	59	59	比較例
15	11.0	—	7.06	1318	59	59	比較例

【0048】実施例2 \*65℃×4分)した。その後、線径:7.06mmまで

前記表1に示した試験機Cを用い、線径:1.1mmφまで伸縮した(伸縮率:5.9%)。

で圧延終了温度が約930℃になる様に熱間圧延した後、急冷し、下記表4に示す条件にてバネテンディング処理

(加熱温度:750~935℃、恒温変態:495~6\*

試験 No.	バネテンディング時の加熱温度 (℃)	恒温保持時間 (分)	初期強度 (N/mm <sup>2</sup> )	最終強度 (N/mm <sup>2</sup> )	伸縮率 (%)	破断位置 (mm)	破断位置 (mm)	備考
16	930	560	2	0	0	0	0	実施例
17	750	550	36	0	0	0	0	比較例
18	935	665	24	0	0	0	0	比較例
19	935	495	0	0	26	7	67	比較例

【0050】得られた各種織材を用い、前記図1に示したM8×P1.25のスタッドボルトを製作し、遅れ破壊試験を実施例1と同様に行なった。各織材の組織を下記表4に併記すると共に、遅れ破壊試験結果を伸縮\*

※条件および機械的特性と共に下記表5に示す。

【0051】

【表5】

試験 No.	初期強度 (N/mm <sup>2</sup> )	最終強度 (N/mm <sup>2</sup> )	伸縮率 (%)	破断位置 (mm)	破断位置 (mm)	破断位置 (mm)	備考
16	11.0	1275	7.06	1646	59	59	実施例
17	11.0	1177	7.06	1546	59	59	比較例
18	11.0	1226	7.06	1595	59	59	比較例
19	11.0	1322	7.06	断線で伸縮できず	断線	断線	比較例

【0052】実施例3

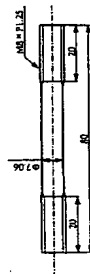
前記表1に示した試験機Cを用い、下記表6に示す圧延条件にて線径:1.1mmφまで熱間圧延した。その後、

線径:7.06mmまで伸縮した(伸縮率:5.9%)。

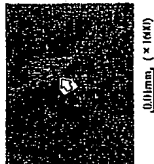
【0053】

【表6】

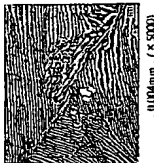
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- |         |                              |         |                                     |
|---------|------------------------------|---------|-------------------------------------|
| (72)発明者 | 並村 裕一                        | (72)発明者 | 横井 浩一                               |
|         | 神戸市灘区灘浜栗町2番地 株式会社神戸製鋼所神戸製鉄所内 |         | 神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内 |
| (72)発明者 | 茨木 信彦                        | (72)発明者 | 家口 浩                                |
|         | 神戸市灘区灘浜栗町2番地 株式会社神戸製鋼所神戸製鉄所内 |         | 神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内 |